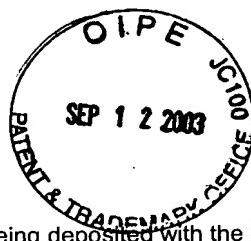




Docket No.: P2002,0645



I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, Alexandria, VA 22313 20231.

By:

Date: September 9, 2003

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant : Frank-Michael Kamm et al.
Appl. No. : 10/632,752
Filed : August 1, 2003
Title : Reflective Mirror for Lithographic Exposure and Production Method

CLAIM FOR PRIORITY

Hon. Commissioner for Patents,
Alexandria, VA 22313-1450
Sir:

Claim is hereby made for a right of priority under Title 35, U.S. Code, Section 119, based upon the German Patent Application 102 35 255.0 filed August 1, 2002.

A certified copy of the above-mentioned foreign patent application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

GREGORY L. MAYBACK
REG. NO. 40,716

Date: September 9, 2003

Lerner and Greenberg, P.A.
Post Office Box 2480
Hollywood, FL 33022-2480
Tel: (954) 925-1100
Fax: (954) 925-1101

/mjb

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 35 255.0 ✓

Anmeldetag: 01. August 2002 ✓

Anmelder/Inhaber: Infineon Technologies AG, München/DE ✓

Bezeichnung: Reflektierender Spiegel zur lithographischen Belichtung und Herstellungsverfahren ✓

IPC: G 02 B, G 03 F

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 15. Juli 2003
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Agurks", is placed over the typed name of the President.

Agurks

Beschreibung

Reflektierender Spiegel zur lithographischen Belichtung und Herstellungsverfahren

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines reflektierenden Spiegels für die lithographische Belichtung von Halbleiterprodukten, wobei auf einem Substrat eine Multischichtstruktur und darüber eine Deckschicht aus einem Material, auf dem sich an der Luft eine natürliche Oxidschicht bildet, ausgebildet wird. Die Erfindung betrifft ferner einen reflektierenden optischen Spiegel nach dem Oberbegriff des Anspruchs 9.

15 In der Halbleiterfertigung werden die Oberflächen von Halbleitersubstraten oder von auf ihnen angeordneten Schichten dadurch lithographisch strukturiert, daß eine photoempfindliche Lackschicht (resist) auf ihnen abgeschieden und lithographisch belichtet wird. Bei dieser lithographischen Belichtung wird eine zweidimensionale Maskenstruktur auf die Lackschicht abgebildet. Träger der Maskenstruktur ist ein sogenanntes reticle, hier auch Maske genannt. Auf diesem reticle ist die zu belichtende Struktur in etwa 4 bis 10-fach vergrößertem Abbildungsmaßstab in Form einer bereits strukturierten Schicht realisiert. Das Muster dieser strukturierten Schicht wird durch eine Abbildungsoptik verkleinert auf die Lackmaske auf dem Halbleitersubstrat produziert. Die belichtete Lackschicht wird entwickelt und dient als Maske für eine Ätzung, eine Implantation oder eine andere Behandlung des Halbleitersubstrats oder der darauf befindlichen zu strukturierenden Schicht.

30 Als Maske (reticle) zum lithographischen Belichten von Halbleiterprodukten sind entweder Transmissionsmasken, deren Strukturen in einer Chromschicht verwirklicht sind, oder Reflexionsmasken. Letztere stellen optische Spiegel dar, deren Oberflächen mit einer strukturierenden Absorptionsschicht be-

deckt sind. Insbesondere für Wellenlängen im extremen UV-Bereich, d. h. zwischen 1 und 100 nm werden Reflektionsmasken verwendet, da in diesem Wellenlängenbereich die meisten Materialen absorbieren. Die Reflektion der EUV-Wellenlänge (extreme ultraviolet)

5 wird mit Hilfe von Multischichtstrukturen erreicht, die sich aus einer Vielzahl dünner Schichten oder Schichtenpaare zusammensetzen, an deren Grenzflächen jeweils ein Bruchteil der einfallenden Strahlung reflektiert wird.

10 Durch konstruktive Interferenz der an verschiedenen Grenzflächen reflektierten Strahlung entsteht ein reflektierter Strahl, der optisch verkleinert auf ein Halbleiterprodukt gerichtet werden kann, wobei die über der Multischichtstruktur angeordnete Maskenstruktur auf die Lackschicht des Halbleiterprodukts abgebildet wird.

15

Eine derartige Reflektionsmaske stellt somit einen reflektierenden optischen Spiegel dar. Der Spiegel besitzt oberhalb der Multischichtstruktur eine Deckschicht, die als Schutzschicht für die Multischichtstruktur dient. Häufig besteht 20 die Multischichtstruktur aus einer abwechselnden Folge von Molybdänschichten und Siliziumschichten. Als Deckschicht wird dann meist eine Siliziumschicht eingesetzt, die oberhalb der obersten Molybdänschicht angeordnet ist und eine größere Schichtdicke besitzt als die Siliziumschichten der Multischichtstruktur. Typischerweise besitzen die Schichten der Multischichtstruktur Schichtdicken von etwa 7 nm und die Deckschicht eine Schichtdicke von 10 bis 20 nm. Jedoch kann je nach verwandelter Wellenlänge die Schichtdicke stark von diesen Angaben abweichen, um bei der betreffenden Wellenlänge 25 eine konstruktive Interferenz der reflektierten Strahlung zu bewirken. Oberhalb der Deckschicht ist meist eine Pufferschicht angeordnet, auf der eine strukturierte Maskenschicht angeordnet ist, die die Struktur enthält. Die Pufferschicht ist als vorläufiger Schutz der Deckschicht zunächst ganzflächig auf ihr vorhanden und wird insbesondere im Falle von Reparaturen der Maskenstruktur der strukturierten Maskenschicht benötigt. Vor dem Einsatz des reflektierenden optischen Spie-

gels wird die Pufferschicht an den durch die strukturierte Maskenschicht nicht bedeckten Stellen entfernt, so daß dort die Deckschicht freiliegt.

- 5 Auf einer an der Luft freiliegenden Siliziumoberfläche der Deckschicht bildet sich ein natürliches Oxid von wenigen Nanometern Dicke. Dieses natürliche Oxidwachstum entsteht spontan im Laufe einiger Tage bis einiger Wochen und setzt sich auch über längere Zeit hinweg fort. Daher müssen reflektierende optische Spiegel gelegentlich geätzt werden, wenn sie über längere Zeit benutzt werden, um die gebildete Oxidschicht zu entfernen. Die abzutragende Oxidschichtdicke muß genau bestimmt werden und die Abtragung präzise kontrolliert werden. Verfahren hierzu sind jedoch nicht bekannt.

15 Das natürliche Oxidwachstum auf Siliziumoberflächen an der Umgebungsluft ist statistischen Schwankungen unterworfen. Auf verschiedenen Bereichen einer Siliziumoberfläche ist die Oxidschicht unterschiedlich dick. Daher ist die Reflektivität, genauer der Reflektionskoeffizient, der den Anteil reflektierter Strahlung im Verhältnis zur einfallenden Strahlung wiedergibt, nicht homogen über die Siliziumoberfläche.

20 Das Problem inhomogener Schichtdicken natürlicher Oxide könnte theoretisch durch eine kontrollierte Rückätzung der gebildeten Oxidschichten bekämpft werden, jedoch sind auch Ätzprozesse statistischen Schwankungen unterworfen, wodurch die Ätzrate auf der Siliziumoxidoberfläche lokal unterschiedlich groß sein kann.

25 30 Es sind Versuche bekannt, bei denen das Oxidwachstum in Wasser, teilweise auch in Wasserstoffperoxid für verschiedene Dotierungen beobachtet wurde. Unter anderem ist bekannt, das Oxidwachstum in Wasserstoffperoxid mit Hilfe von Platin zu beschleunigen. Derartige Versuche sind durchgeführt wurden, um die Zeitabhängigkeit des Oxidwachstums unter verschiedenen Bedingungen zu erforschen.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen reflektierenden optischen Spiegel mit einer über die Spiegeloberfläche möglichst homogenen Reflektivität bereitzustellen.

5

Diese Aufgabe wird bei dem eingangs genannten Verfahren dadurch gelöst, daß die Deckschicht aus einem dotierten Material hergestellt wird und mit Wasserstoffperoxid in Kontakt gebracht wird, wodurch eine künstlich gewachsene Oxidschicht auf der Deckschicht ausgebildet wird.

10

Erfindungsgemäß wird künstlich eine Oxidschicht erzeugt, die die Deckschicht bedeckt und daher die Transparenz des Spiegels um ein gewisses Maß verschlechtert. Herkömmlich werden Oxidschichten aus diesem Grund vermieden. Erfindungsgemäß jedoch wird diese Oxidschicht durch einen beschleunigten Wachstumsprozeß hergestellt, der zur Folge hat, daß das Wachstum homogen über die Oberfläche der Deckschicht erfolgt. Die so gebildete Oxidschicht besitzt eine Homogenität, die im Laufe des natürlichen Oxidwachstums nicht erreicht wird, wodurch insgesamt bessere optische Eigenschaften des Spiegels erzielt werden. Der Nachteil der verringerten Transparenz wird im Laufe der Zeit durch das ohnehin einsetzende natürliche Oxidwachstum kompensiert. Vorteilhaft an der erfindungsgemäß ausgebildeten Oxidschicht ist, daß das weitere natürliche Wachstum auf der künstlich gewachsenen Oxidschicht mit vergleichbar geringer Wachstumsrate erfolgt, wodurch möglicherweise entstehende Inhomogenitäten viel schwächer ausgebildet werden. Erfindungsgemäß wird die Deckschicht nicht wie herkömmlich üblich aus undotiertem, sondern aus einem dotierten Material hergestellt. Dieses wird erfindungsgemäß mit Wasserstoffperoxid in Kontakt gebracht, um künstlich eine homogene Oxidschicht aufzuwachsen. Insbesondere ist vorgesehen, daß zu dem Wasserstoffperoxid ein Katalysator, beispielsweise Platin zugegeben wird, so daß in Anwesenheit des Katalysators (Platin) die künstlich gewachsene Oxidschicht ausgebildet wird.

15

20

25

30

35

Vorzugsweise ist vorgesehen, daß die Deckschicht während einer Zeitdauer von zwischen 3 und 120 Minuten in Wasserstoffperoxid einer Konzentration zwischen 10 % und 50 % getaucht wird. Gerade in Anwesenheit von Platin oder einem anderen Katalysator lässt sich innerhalb kurzer Zeit eine künstliche Oxidschicht aufwachsen, die unter natürlichen Bedingungen erst im Laufe von Wochen oder Monaten entsteht.

Vorzugsweise ist vorgesehen, daß das Wasserstoffperoxid vor 10 und/oder während des Eintauchens der Deckschicht erhitzt wird. Hierdurch lässt sich eine weitere Beschleunigung des künstlichen Oxidwachstums erzielen.

Vorzugsweise wird durch den Kontakt mit Wasserstoffperoxid 15 eine Deckschicht einer Schichtdicke zwischen 0,8 und 2,0 nm hergestellt. Auch bei einem späteren natürlichen Oxidwachstum auf dieser künstlich erzeugten Oxidschicht ist gewährleistet, daß auf den ersten 0,8 bis 2,0 nm über der Deckschichtoberfläche, wo das Oxid am schnellsten aufwächst, eine homogene 20 Schicht gebildet wird.

Vorzugsweise ist vorgesehen, daß die Konzentration der Dotierung so hoch gewählt wird, daß das natürliche Oxidwachstum auf der durch Kontakt mit Wasserstoffperoxid gewachsenen 15 Oxidschicht jährlich weniger als 10 % der mit Hilfe von Wasserstoffperoxid gewachsenen Schichtdicke beträgt.

Vorzugsweise ist vorgesehen, daß die Deckschicht aus einem n-dotierten Material hergestellt wird. Obwohl grundsätzlich 30 auch p-Dotierungen zum Dotieren der Deckschicht in Frage kommen, um ein beschleunigtes Oxidwachstum zu erreichen, ist beobachtet worden, daß gerade auf n-dotiertem Deckschichtmaterial, insbesondere Silizium eine deutliche Verlangsamung des Wachstumsprozesses eintritt.

35

Um über die ganze Oberfläche des reflektierenden optischen Spiegels eine ausreichend hohe und homogene Dotierung vorzu-

sehen, wird die Deckschicht vorzugsweise durch eine Abscheidung auf die Multischichtstruktur aufgebracht, beispielsweise durch eine chemische Gasphasenabscheidung (CVD; chemical vapour deposition) oder durch eine physikalische Abscheidung (PVD; physical vapour deposition), etwa durch Sputtern. Vorzugsweise wird die negative Dotierung während dieser Abscheidung in die Deckschicht eingebracht, indem der Dotierstoff gemeinsam mit dem Grundmaterial der Deckschicht der Oberfläche des reflektierenden Spiegels zugeführt wird. Diese in situ-Dotierung hat den Vorteil, daß keine nachträglichen Prozeßschritte zur Dotierung der Deckschicht erforderlich sind. Alternativ jedoch kann die Dotierung nachträglich durch eine Implantation niedriger Implantationsenergie in die Deckschicht eingebracht werden. Ebenso ist denkbar, die zunächst 15 undotierte Deckschicht in Kontakt mit einem dotierstoffhaltigen Medium, etwa einer Flüssigkeit oder einem anderen Fluid zu bringen, so daß der Dotierstoff in die Deckschicht diffundieren kann. Bei dieser Behandlung werden die tieferliegenden Schichten der Multischichtstruktur vor einer Angreifung des 20 Dotierstoffs geschützt.

Vorzugsweise wird die Deckschicht aus n-dotiertem Silizium hergestellt. Dabei wird das Aufwachsen einer amorphen Siliziumschicht bevorzugt.

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird ferner durch einen reflektierenden optischen Spiegel gelöst, der
- ein Substrat,
- eine Multischichtstruktur, die durch konstruktive Interfe-
30 renz elektromagnetische Strahlung reflektiert, und
- eine Deckschicht oberhalb der Multischichtstruktur aufweist,
wobei die Deckschicht aus einem Material besteht, auf dem sich an der Luft eine natürliche Oxidschicht bildet,
35 wobei erfindungsgemäß das Material der Deckschicht mit einer Dotierung dotiert ist und daß die Oxidschicht einen Bereich einer Schichtdicke aufweist, in welchem dieselbe Dotierung

wie die Dotierung der Deckschicht in das Oxid der Oxidschicht eingebaut ist.

Der erfindungsgemäße reflektierende optische Spiegel zum lithographischen Belichten von Halbleiterprodukten besitzt eine Oxidschicht beziehungsweise einen einer Mindestschichtdicke entsprechenden Bereich einer Oxidschicht, in welchem dieselbe Dotierung wie die Dotierung der Deckschicht in das Oxid der Oxidschicht eingebaut ist. Die identische Dotierung deutet 5 auch am fertigen Spiegel auf eine zeitnah zur Herstellung der Deckschicht gebildeten Oxidschicht hin; aufgrund wechselnder Umgebungsbedingungen entstehende Dotierungen oder Verunreinigungen, wie sie beim natürlichen Oxidwachstum entstehen, können 10 bei dem künstlich erzeugten Oxid nicht auftreten. Die so erzeugte Oxidschicht besitzt eine homogene Schichtdicke und 15 verbessert so die optischen Eigenschaften des Spiegels.

Der reflektierende Spiegel weist vorzugsweise eine Oxidschicht auf, die eine Schichtdicke zwischen 0,8 und 2,0 nm 20 besitzt. Die Deckschicht besteht vorzugsweise aus n-dotiertem Silizium; als Dotierung ist vorzugsweise Phosphor oder Arsen vorgesehen. Jedoch können auch weitere übliche n-leitende Dotierstoffe erfindungsgemäß zum Beenden des natürlichen Oxidwachstums in die Deckschicht des reflektierenden Spiegels 25 eingebracht werden. Die siliziumhaltige Deckschicht ist vorzugsweise amorph.

Entsprechend der Zweckbestimmung zum lithographischen Belichten von Halbleiterprodukten weist der reflektierende Spiegel 30 vorzugsweise eine strukturierte Maskenschicht auf, deren Struktur auf ein oder mehrere Halbleiterprodukte übertragbar ist. Zwischen der strukturierten Maskenschicht und der Deckschicht kann sich eine Pufferschicht befinden, die jedoch auf den von der Maskenschicht nicht bedeckten Bereichen der Deckschicht entfernt ist. An diesen freiliegenden Stellen bildet 35 sich das natürliche Oxid aus.

Die Multischichtstruktur des reflektierenden Spiegels ist vorzugsweise so dimensioniert, daß elektromagnetische Strahlung einer Wellenlänge reflektiert wird, die größer als 1 nm und kleiner als 100 nm ist. Insbesondere extrem kleine Wellenlängen zwischen 1 und 20 nm, beispielsweise 13 nm, die weit vom Spektrum herkömmlich eingesetzter Wellenlängen im UV-Bereich entfernt sind, können mit Hilfe des erfindungsgemäßen reflektierenden Spiegels mit hoher Lichtausbeute zur lithographischen Strukturierung eingesetzt werden.

10

Die Erfindung wird nachstehend anhand der Figuren 1 bis 8 beschrieben. Es zeigen:

15

Die Figuren 1 bis 5 einen reflektierenden optischen Spiegel in Querschnittsansicht in verschiedenen Stadien des erfindungsgemäßen Verfahrens,

20

Figur 6 den zeitlichen Verlauf des natürlichen Oxidwachstums auf einem herkömmlichen reflektierenden Spiegel,

25

Figur 7 den zeitlichen Verlauf des natürlichen Oxidwachstums bei einem erfindungsgemäßen reflektierenden Spiegel und

30

Figur 8 einen vereinfachten schematischen Aufbau beim lithographischen Strukturieren eines Halbleiterprodukts mit Hilfe eines reflektierenden Spiegels.

35

Figur 1 zeigt einen reflektierenden Spiegel, der aus einem Substrat 10 und einer Folge von aufeinander abgeschiedenen dünnen Schichten 11a, 11b besteht. Als Substrat 10 kann ein Halbleitersubstrat oder auch ein beliebiges anderes, ausreichend dickes und stabiles Substrat verwendet werden. Die Schichtdicken der einzelnen Schichten 11a, 11b ist so bemes-

sen, daß eine Wellenlänge λ an den Grenzflächen einander benachbarter Schichten so reflektiert wird, daß die reflektierten Teilstrahlen konstruktiv miteinander interferieren; möglichst hohe Lichtintensität der insgesamt reflektierten

5 Strahlung ist für eine kurze Belichtungszeit beim Belichten der Halbleiterprodukte erwünscht. Der große Einfallswinkel elektromagnetischer Strahlung der Wellenlänge λ ist in Figur 1 lediglich zur Veranschaulichung der Reflexion an unterschiedlichen Grenzflächen dargestellt; in der Praxis erfolgt
10 die Reflexion praktisch senkrecht zur Oberfläche der Multischichtstruktur 11.

Die Schichtenfolge 11 in Figur 1 wird durch sukzessives Abscheiden der einzelnen Schichten hergestellt, beispielsweise
15 durch einen CVD-Prozeß (vorzugsweise Sputtern; ion beam deposition), bei dem die Gaszusammensetzung zeitlich so variiert wird, daß die der Oberfläche zugeführten Gase die gewünschte Schichtenfolge bilden. Vorzugsweise wird eine Zweischichtstruktur aus Schichten alternierender Materialzusammensetzung gebildet,
20 etwa eine Folge aus einander abwechselnden Molybdän- und Siliziumschichten. Die Schichtdicke der einzelnen Schichten richtet sich nach der verwendeten Wellenlänge und folgt aus der Bedingung konstruktiver Interferenz der reflektierten Strahlung.

Gemäß Figur 2 wird auf den reflektierenden Spiegel, bei dem die innere Struktur der Multischichtstruktur 11 nicht mehr im einzelnen dargestellt ist, eine Deckschicht 12 aufgebracht, vorzugsweise durch eine chemische Gasphasenabscheidung, bei
30 der Silizium und gleichzeitig der Dotierstoff für die negative Dotierung der Deckschicht abgeschieden werden. Als Dotierstoff kann beispielsweise Phosphor oder Arsen verwendet werden; entscheidend ist lediglich, daß die Konzentration des Dotierstoffs ausreichend hoch gewählt wird, um ein geeignetes
35 Aufwachsverhalten des mit Hilfe von Wasserstoffperoxid künstlich gewachsenen Oxids zu erzielen. Eine hohe Dotierstoffkonzentration insbesondere von n-Dotierungen hat zur Folge, daß

- insbesondere bei Wachstum von n-Silizium mit Hilfe von Wasserstoffperoxid und Platin als Katalysator - ein sehr schnelles Wachstum erzielt wird, das jedoch nach wenigen Stunden stark verlangsamt wird. Obwohl dies nicht notwendigerweise einer Sättigung gleichkommt, ist die erzielte Verlangsamung des Oxidwachstums (während des künstlich herbeigeführten, beschleunigten Wachstumsprozesses) geeignet, auch ein späteres natürliches Oxidwachstum zu erschweren. Jedoch auch im Falle von p-Dotierungen und bei anderen Grundmaterialien für die Deckschicht wird in Folge des künstlichen beschleunigten Wachstums eine Oxidschichtdicke einer Homogenität erzielt, die beim natürlichen Wachstum nicht erreichbar ist.

Auf die Deckschicht 12 (capping layer) wird zunächst eine Pufferschicht 13 und darauf eine Maskenschicht 14 aufgebracht, welche anschließend strukturiert wird, wie in Figur 3 dargestellt. Der reflektierende Spiegel 1 erhält so seine Maskenstruktur, die in den von der Maskenschicht bedeckten Bereichen eine Reflexion der Strahlung verhindert. Insbesondere im EUV-Bereich führt die Absorption der Strahlung in der Maskenschicht zur Bildung einer Positivmaske auf den reticle 1.

Gemäß Figur 4 wird die Pufferschicht entfernt, um die darunterliegende, erfindungsgemäß stark negativ dotierte Deckschicht aus Silizium 12 freizulegen. Falls die Strukturierung der Maskenschicht 14 fehlerhaft ist, können Defekte mit Hilfe herkömmlicher Verfahren korrigiert werden, bevor die Pufferschicht 13 dort, wo sie freiliegt, entfernt wird.

Auf der freigelegten, erstmals für längere Zeit der Umgebungsluft ausgesetzten Siliziumschicht 12 bildet sich eine Oxidschicht 15 aus, die zu einer Schichtdicke von einigen Nanometern heranwächst.

Das künstlich herbeigeführte Oxidwachstum ist schematisch in Figur 5 dargestellt. Der zumindest mit seiner Deckschicht 12

in eine wässrige Lösung von Wasserstoffperoxid 20 eingetauchte optische Spiegel wird bei Raumtemperatur oder bei einer erhöhten Temperatur, vorzugsweise in Anwesenheit von Platin oder einem anderen Katalysator oxidiert. Die beschleunigte 5 Oxidation führt zu einem homogenen Wachstum, das ein ansonsten stattfindendes inhomogenes, natürliches Wachstum vorwegnimmt.

Der zeitliche Verlauf des natürlichen Oxidwachstum von Silizium und Dioxid ist schematisch und rein qualitativ in Figur 10 6 dargestellt. Es ist zu erkennen, daß die Schichtdicke der Oxidschicht 15 monoton ansteigt und die Zeitabhängigkeit der Oxidschichtdicke keine besonderen Auffälligkeiten zeigt. Dieses Verhalten wird bei herkömmlichen Deckschichten etwa aus 15 undotiertem Silizium beobachtet.

Das Wachstum bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung eines reflektierenden optischen Spiegels ist in Figur 20 7 dargestellt. Zunächst wird während einer Zeit t_s , die bei Verwendung von Wasserstoffperoxid mit Platin bei Raumtemperatur zwischen einer halben und 2 Stunden liegen kann, ein sehr viel schnelleres Wachstum erzielt als bei einer natürlichen Oxidation. Wenn die vorgesehene Mindestschichtdicke d_s von zwischen beispielsweise 0,8 und 2,0 nm erreicht ist, wird 25 das künstliche Oxidwachstum abgebrochen. Der hergestellte optische Spiegel besitzt zwar eine Oxidschicht, die die Reflektivität des Spiegels mindert. Diese Verminderung ist jedoch infolge der Homogenität des künstlichen Oxids auf allen Bereichen der freiliegenden Deckschicht gleich stark, so daß 30 der Spiegel bessere Eigenschaften für das lithographische Belichten von Halbleiterprodukten besitzt.

Die zeitabhängigen Schichtdickenverläufe der Figuren 6 und 7 sind nicht maßstäblich dargestellt; insbesondere ist die 35 Zeitachse in Figur 6 und Figur 7 nicht zwangsläufig linear. Jedoch ist den Figuren 6 und 7 zu entnehmen, daß das künstlich erzeugte Oxid wesentlich schneller gewachsen wird als

ein natürliches Oxid vergleichbarer Dicke. Vor allem erfolgt ein eventuelles natürliches Wachstum auf die künstlich erzeugte Oxidschicht (in Figur 7 der rechte Arm der Schichtdickenfunktion rechts vom Knickpunkt zur Zeit t_s) allenfalls mit der gleichen geringen Wachstumsrate wie beim natürlichen Wachstum nach Erreichen einer entsprechenden Gesamtschichtdicke, wenn nicht sogar mit einer demgegenüber verringerten Wachstumsrate.

- 10 Mit Hilfe der erfindungsgemäß dotierten Deckschicht auf dem reflektierenden Spiegel wird eine natürliche Oxidschicht ausgebildet, die über die ganze Oberfläche der Deckschicht eine homogene Schichtdicke besitzt. Die Schichtdicke bleibt daher für lange Zeit homogen und praktisch konstant. Dies ermöglicht 15 eine homogene Reflektivität des reflektierenden Spiegels, der insbesondere in der Halbleiterfertigung ausgenutzt werden kann, um die Belichtungszeit zum Strukturieren von Halbleiterprodukten zu verringern und den Durchsatz zu steigern.

- 20 Figur 8 zeigt schematisch den Aufbau einer Einrichtung zum lithographischen Belichten eines Halbleiterprodukts 2 mit Hilfe eines reflektierenden optischen Spiegels (reticle) 1. Eine Strahlungsquelle 4 für elektromagnetische Strahlung im extremen UV-Bereich zwischen 1 und 100 nm wird durch eine nicht dargestellte erste Abbildungsoptik auf das reticle 1 gerichtet und erzeugt in Höhe der Maskenschicht 14 ein Zwischenbild, welches mit Hilfe einer zweiten Abbildungsoptik 3, die ebenfalls reflektierend arbeitet, um einen Faktor 4 bis 25 10 verkleinert auf das Halbleiterprodukt 2, insbesondere einen Wafer 2 abgebildet wird. Mit Hilfe des Belichtungsvorgangs wird eine auf dem Halbleitersubstrat angeordnete, nicht näher dargestellte Lackschicht mit der verkleinerten Struktur der Maskenschicht 14 belichtet und kann anschließend entwickelt werden, um eine nicht dargestellte Schicht auf dem Halbleitersubstrat 2 zu strukturieren. Der Stepper 5 bewegt das 30 35 Halbleitersubstrat 2 in x- und y-Richtung schrittweise, um

wiederholt unterschiedliche Bereiche auf dem Halbleiterwafer 2 nacheinander belichten zu können. Da eine große Anzahl von Belichtungsvorgängen erforderlich ist und zudem eine große Anzahl von Halbleitersubstraten 2 auf diese Weise vielfach 5 wiederholt belichtet wird, hängt der Durchsatz bei der Fertigung von Halbleiterschaltungen von der erforderlichen Belichtungszeit ab. Durch die erfindungsgemäß stark negativ dotierte Deckschicht auf dem reticle 1 wird eine homogene Oxidschicht entsprechend der Sättigungsschichtdicke ausgebildet. 10 Da weiteres Oxidwachstum nicht mehr in nennenswertem Ausmaß auftritt, bleibt die Reflektivität des Spiegels sehr hoch und homogen, was kürzere Belichtungsvorgänge ermöglicht.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines reflektierenden Spiegels
(1) für die lithographische Belichtung von Halbleiterproduk-

5 ten (2),

wobei auf einem Substrat (10) eine Multischichtstruktur (11)
und darüber eine Deckschicht (12) aus einem Material, auf dem
sich an der Luft eine natürliche Oxidschicht (15) bildet,
ausgebildet wird,

10 dadurch gekennzeichnet, daß
die Deckschicht (12) aus einem dotierten Material hergestellt
wird und mit Wasserstoffperoxid (20) in Kontakt gebracht
wird, wodurch eine künstlich gewachsene Oxidschicht (15) auf
der Deckschicht (12) ausgebildet wird.

15

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß
die Deckschicht während einer Zeitdauer von zwischen 3 und
120 Minuten in Wasserstoffperoxid (20) einer Konzentration
zwischen 10 % und 50 % getaucht wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet, daß
das Wasserstoffperoxid (20) vor und/oder während des Eintau-
chens der Deckschicht (12) erhitzt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

dadurch gekennzeichnet, daß
durch den Kontakt mit Wasserstoffperoxid (20) eine Deck-
schicht (12) einer Schichtdicke (d_s) zwischen 0,8 und 2,0 nm
hergestellt wird.

5. Verfahren nach einem der Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet, daß
35 die Konzentration der Dotierung (18) so hoch gewählt wird,
daß das natürliche Oxidwachstum auf der mithilfe von Wasser-
stoffperoxid (20) gewachsenen Oxidschicht (15) jährlich weni-

ger als 10 % der mithilfe von Wasserstoffperoxid (20) gewachsenen Schichtdicke (d_s) beträgt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

5 dadurch gekennzeichnet, daß die Deckschicht (12) aus einem n-dotierten Material hergestellt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,

10 dadurch gekennzeichnet, daß die Deckschicht (12) durch eine Abscheidung aufgebracht wird und daß die n-Dotierung (12) während der Abscheidung in die Deckschicht (12) eingebracht wird.

15 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,

dadurch gekennzeichnet, daß die Deckschicht (12) aus dotiertem Silizium hergestellt wird.

9. Reflektierender optischer Spiegel (1) für die lithographische Belichtung von Halbleiterprodukten (2), wobei der Spiegel (1)

- ein Substrat (10),
- eine Multischichtstruktur (11), die durch konstruktive Interferenz elektromagnetische Strahlung reflektiert, und
- eine Deckschicht (12) oberhalb der Multischichtstruktur (11)

aufweist,

wobei die Deckschicht (12) aus einem Material besteht, auf dem sich an der Luft eine natürliche Oxidschicht (15) bildet,

30 dadurch gekennzeichnet, daß das Material der Deckschicht (12) mit einer Dotierung (18) dotiert ist und daß die Oxidschicht (15) einen Bereich einer Schichtdicke (d_s) aufweist, in welchem dieselbe Dotierung (18) wie die Dotierung (18) der Deckschicht (12) in das Oxid der Oxidschicht (15) eingebaut ist.

10. Reflektierender Spiegel nach Anspruch 9,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
die Oxidschicht (15) eine Schichtdicke (d_s) von zwischen 0,8
und 2,0 nm besitzt.

5 11. Reflektierender Spiegel nach Anspruch 9 oder 10,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
die Deckschicht (12) aus n-dotiertem Silizium besteht.

10 12. Reflektierender Spiegel nach einem der Ansprüche 9 bis
11,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
die Deckschicht (12) mit Phosphor oder Arsen dotiert ist.

15 13. Reflektierender Spiegel nach einem der Ansprüche 9 bis
12,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
die Deckschicht (12) amorph ist.

20 14. Reflektierender Spiegel nach einem der Ansprüche 9 bis
13,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
der Spiegel (1) eine strukturierte Maskenschicht (14) zum
Strukturieren eines Halbleiterprodukts (2) aufweist.

25 15. Reflektierender Spiegel nach einem der Ansprüche 9 bis
14,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
die strukturierte Maskenschicht (14) oberhalb der Deckschicht
(12) angeordnet ist.

30 16. Reflektierender Spiegel nach einem der Ansprüche 9 bis
15,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß
die Multischichtstruktur (11) so dimensioniert ist, daß elektro-
magnetische Strahlung einer Wellenlänge reflektiert wird,
35 die größer als 1 nm und kleiner als 100 nm ist.

Zusammenfassung

Reflektierender Spiegel zur lithographischen Belichtung und Herstellungsverfahren

5

Bei einem reflektierenden optischen Spiegel (1) für die Halbleiterfertigung mit einer Deckschicht (12) über einer reflektierenden Multischichtenfolge (11) wird erfindungsgemäß eine Dotierung (18) für die Deckschicht (12) vorgesehen und mit Hilfe von Wasserstoffperoxid (20), insbesondere in Anwesenheit von einem Katalysator (Pt), eine künstliche Oxidschicht (15) auf die Deckschicht (12) aufgewachsen. Die künstlich gewachsene Oxidschicht (15) ist homogener als ein natürlich gewachseses Oxid und verbessert dadurch die optischen Eigenschaften des Spiegels bei der lithographischen Belichtung von Halbleiterprodukten.

Figur 5

Bezugszeichenliste

- 1 reflektierender optischer Spiegel
- 2 Halbleitersubstrat
- 5 3 Abbildungsoptik
- 4 Strahlungsquelle
- 5 Stepper
- 10 Substrat
- 11 Multischichtenfolge
- 10 12 n-dotierte Deckschicht
- 13 Pufferschicht
- 14 strukturierte Maskenschicht
- 15 natürliche Oxidschicht
- 20 Wasserstoffperoxid
- 15 21 Katalysator (Platin)

p2002,0645

113

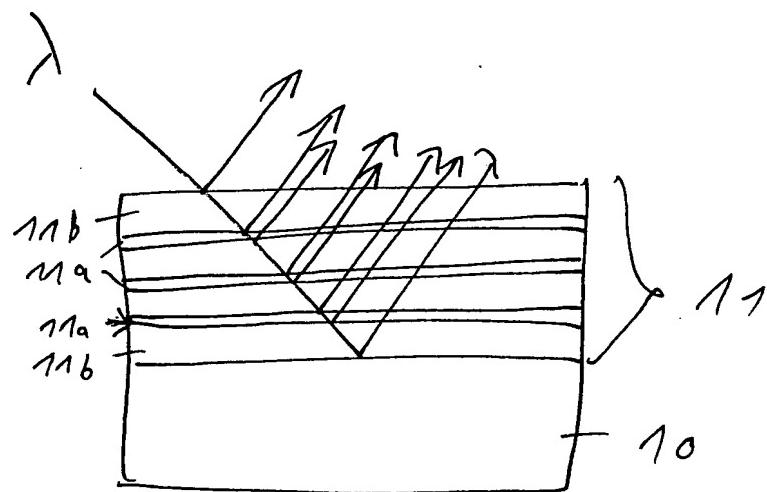


Fig. 1

CrD (Si; As)

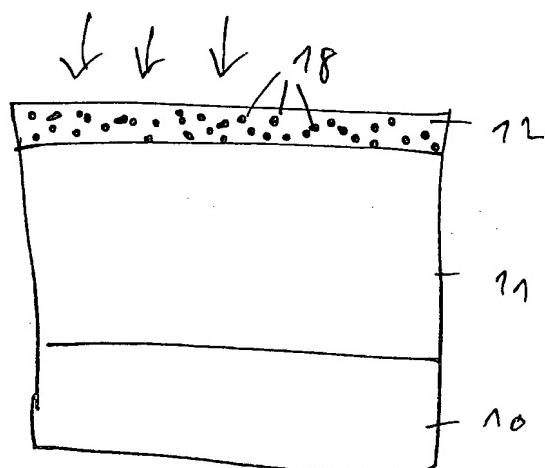


Fig. 2

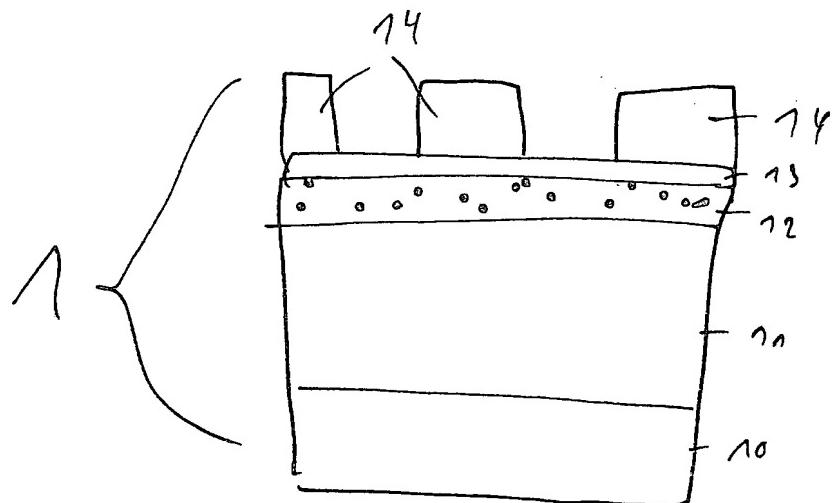


Fig. 3

P2002, 0645

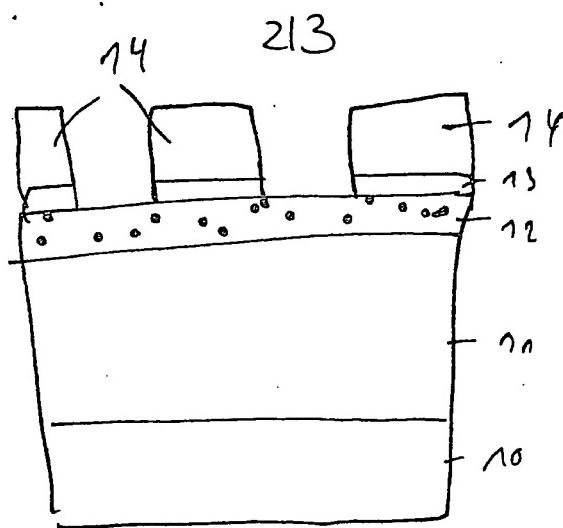


Fig. 4

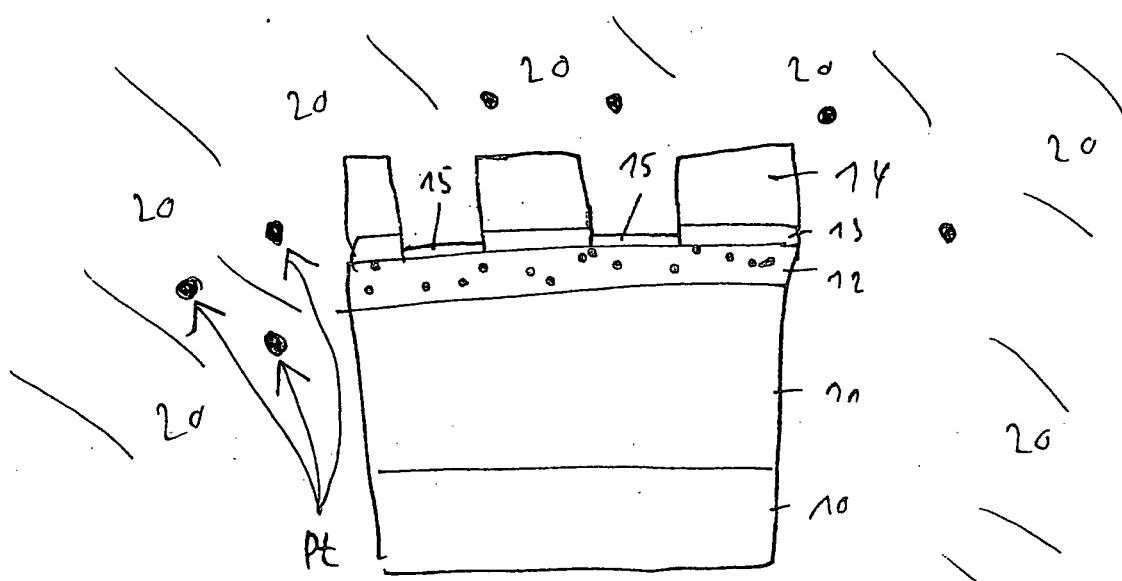


Fig. 5

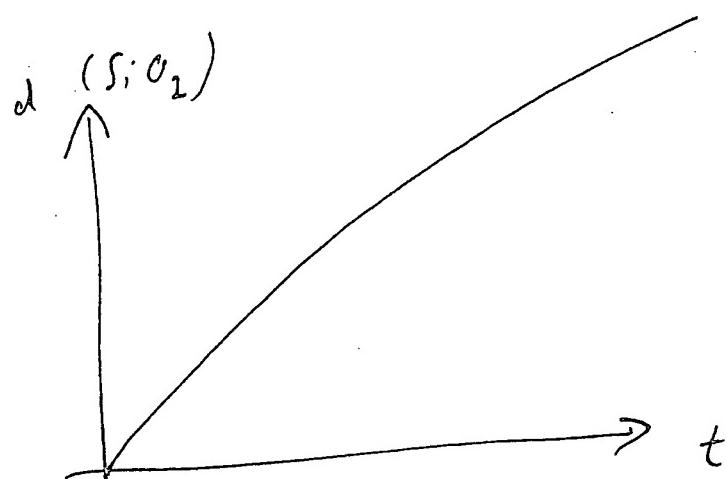


Fig. 6

P2002,0645.

3/3

$d(s; \sigma_2)$

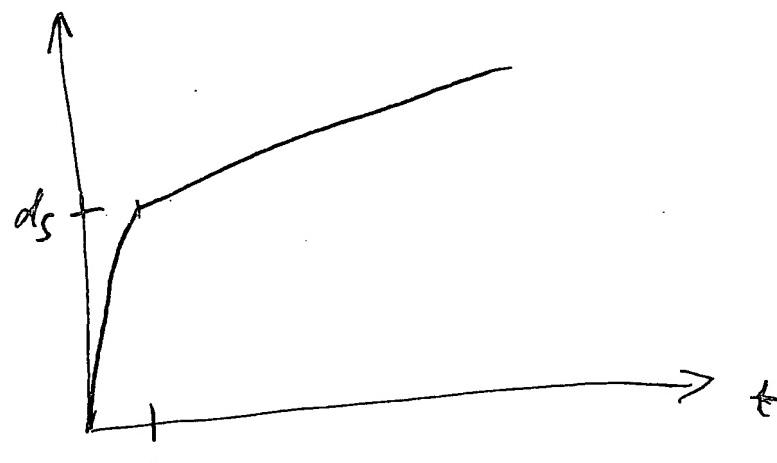


Fig. 7

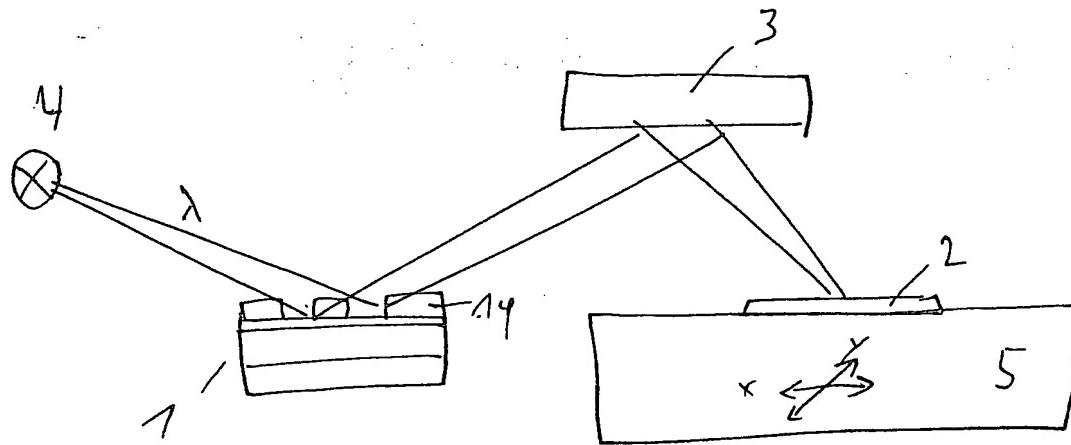


Fig. 8